

補助事業番号 2017M-163
補助事業名 平成29年度 頭頸部実体モデルを用いた脳形状の変化が脳外傷発生
メカニズムに及ぼす影響の解明に関する 補助事業
補助事業者名 石川工業高等専門学校 講師 穴田賢二

1 研究の概要

本研究では、人体の形状を忠実に再現した頭部実体モデルを用いて、加齢による脳形状の変化が頭部に衝撃を受けた際に生じる脳外傷発生リスクに及ぼす影響の解明に取り組んだ。

2 研究の目的と背景

日本国内における交通事故死者数は、年々減少傾向であるが、今なお年間およそ3500人も命が失われている。このうち、65歳以上の高齢者の割合は全体の約半数を占めている。さらに、転倒・転落事故による死者数は、2017年においては9673人の命が失われている。このうち、65歳以上の高齢者の割合は全体の約8割を占めている。このように、交通事故や転倒・転落事故において、多くの命が失われており、その大半を65歳以上の高齢者が占めている。日本国内では、少子高齢化が加速的に進んでおり、今後もこの傾向は継続していくことが見込まれている。このことから、交通事故や転倒・転落事故による死者数を削減するためには、高齢者を対象とした対策を検討することが重要と考える。さらに、交通事故や転倒・転落事故による死者の主な損傷部位は、頭部が多くを占めている。したがって、高齢者対策に併せて、頭部の保護対策も重要と考える。

人間の頭部を保護するヘルメットやエアバックなどの防護用品の開発時の安全性評価ツールとして、人体有限要素モデルが用いられている。しかしそれらは主に成人を対象としたモデルとなっている。一方で、人間の頭部は加齢に伴い、頭蓋骨や脳組織などの材料特性および脳形状が変化することが知られている。材料特性については、過去の研究結果より機械的性質が低下する傾向にある。一方で脳形状は、脳全体の萎縮、脳室および脳溝の拡大が生じることが明らかになっている。しかし、このような脳形状の変化が頭部外傷発生メカニズムおよびリスクに与える影響は明らかにされていない。これら影響を明らかにすることは、高齢者を対象とした人体有限要素モデルの開発方針を策定する上で重要であり、高齢者を対象とした保護対策の開発にも大きく寄与すると考えられる。

これまで申請者らは、人体の頭部形状および構造を忠実に再現した頭部実体モデルを構築してきた。そこで本研究では、加齢による脳形状の変化を再現した頭部実体モデルを構築し、回転衝撃時の頭蓋内挙動を計測することで、加齢による脳形状の変化が脳外傷発生リスクに及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

3 研究内容 (<http://www.m.ishikawa-nct.ac.jp/laboratory/anata/jka2017-M163.pdf>)

加齢による脳萎縮が頭蓋骨・脳間の相対運動に及ぼす影響に関する研究

本研究で構築した頭頸部実体モデルは、実人体形状・構造を再現した頭部実体モデルと人体頸部特性を再現可能な頸部実体モデルにより構成される。頭部実体モデルは、頭蓋骨モデル、脳モデル、膜構造および脳脊髄液を模擬したものである（図1、図2）。頸部実体モデルには、自動車の安全性評価に用いられるダミー人形の頸部を用いた（図3）。さらに、図4に示すように、頭蓋骨モデルの後頭部底面形状を再現した頭頸部接合部を製作した。この頭頸部接合部を用いて、頭部実体モデルおよび頸部をボルトで締結することで、頭頸部実体モデルの構築を行った（図5）。なお、本研究では、加齢による脳萎縮の影響に着目し、成人男性の脳形状を再現した脳モデルおよび同モデルの体積を90%（25歳程度加齢）にスケーリング



図1 頭蓋骨モデル



図2 脳モデル



図3 頸部実体モデル

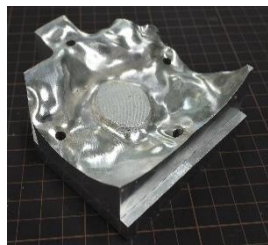


図4 頭頸部接合部



図5 頭頸部実体モデル

した脳モデルを製作した。

両モデルに回転衝撃を付与（図6）し、高速度カメラを用いて、その際に生じる頭蓋骨と脳間の相対運動（伸長比）の計測を行った。

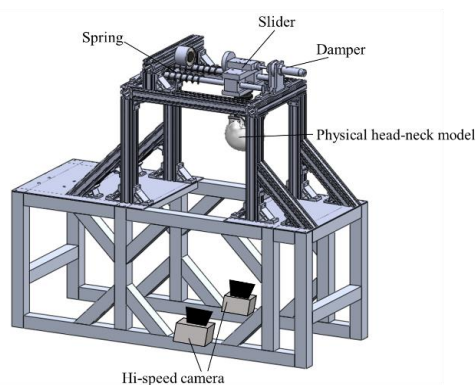


図6 実験装置

その結果、角速度変化幅の増加に伴い、頭蓋骨・脳間の相対運動が増加することがわかった。さらに、どの回転衝撃レベルにおいても成人男性の脳形状を再現したモデルと比較して、脳が萎縮したモデルで生じる頭蓋骨・脳間の相対運動が大きくなることがわかった(図7, 8)。このことから、加齢による脳萎縮は、頭蓋骨・脳間の相対運動を増大させることが明らかとなった。

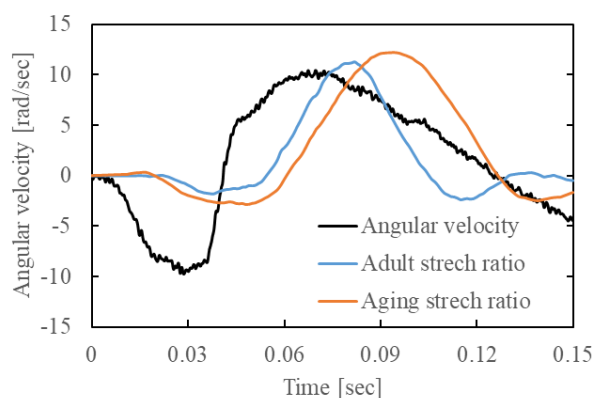


図7 成人男性モデルと脳萎縮モデルにおける頭蓋骨・脳間の相対運動(伸長比)の時刻歴波形

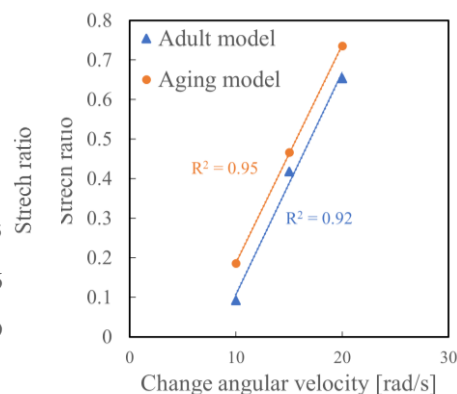


図8 成人男性モデルと脳萎縮モデルにおける頭蓋骨・脳間の相対運動(伸長比)の最大値と角速度変化幅の関係

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究により、加齢による脳形状の変化が頭部外傷発生リスクに影響を及ぼすことがわかった。今後、本研究がさらに発展していくことで、高齢者を対象とした適切な安全性評価手法および効果的な安全対策を提案することができ、真に安心・安全な社会の構築に貢献できると考える。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はこれまで、人体の形状を忠実に再現した頭部実体モデルを構築し、同モデルを用いて頭部外傷発生メカニズムの解明および頭部外傷発生リスクの評価を行ってきた。しかし、これまでに構築してきたモデルは、成人男性を対象としたものであった。しかしながら、近年は高齢者による交通事故などが多くなってきていることから、頭部外傷により死者数を削減するためには、高齢者を対象とした研究を実施する必要がある。本研究事業で得られた知見を基にさらに研究を推進することで、交通事故や転倒・転落事故などにおける死者数削減に寄与できると期待する。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

- ・ 藤島諒亮, 穴田賢二, 脳形状の変化が衝撃時の頭蓋骨・脳間相対運動に及ぼす影響, 日

本機械学会2017年度年次大会, G0200203, 2017年

- ・ 穴田賢二, 徳田崇, 中村有吾, 加齢による脳萎縮と衝撃時における頭蓋骨・脳間の相対運動の関係, スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2018, D-21, 2018年
- ・ 中村有吾, 穴田賢二, 加齢による脳萎縮が頭部外傷発生リスクに及ぼす影響, 日本機械学会北信越学生会第48回学生員卒業研究発表講演会, 130, 2019年
- ・ 徳田崇, 穴田賢二, 加齢による脳室拡大が頭部外傷発生リスクに及ぼす影響, 日本機械学会北信越学生会第48回学生員卒業研究発表講演会, 129, 2019年

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

該当なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 石川工業高等専門学校 機械工学科

(イシカワコウギョウコウトウセンモンガッコウ キカイコウガクカ)

住 所: 〒929-0392

石川県河北郡津幡町北中条

担 当 者: 講師 穴田賢二 (アナタケンジ)

担 当 部 署: 機械工学科 (キカイコウガクカ)

E - m a i l: k_anata@ishikawa-nct.ac.jp

U R L: <http://www.m.ishikawa-nct.ac.jp/laboratory/anata/>